

Metode uji untuk karakteristik pencegahan keausan dari minyak lumas (*Four-Ball Method*)

*Standard Test Method for Wear Preventive Characteristics of
Lubricating Fluid (Four-Ball Method)*

(ASTM D4172-94(2010), IDT)



© ASTM 2010 – All rights reserved

© BSN 2016 untuk kepentingan adopsi standar © ASTM menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

*"This Standard is identical to **ASTM D4172-94(2010)**, Standard Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Fluid (Four-Ball Method), Copyright ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, West Conshohocken PA 19428 USA.
Reprinted by permission of ASTM International."*

*ASTM International has authorized the distribution of this translation of **SNI 8254:2016**, but recognizes that the translation has gone through a limited review process. ASTM neither represents nor warrants that the translation is technically or linguistically accurate. Only the English edition as published and copyrighted by ASTM shall be considered the official version. Reproduction of this translation, without ASTM's written permission is strictly forbidden under U.S. and international copyright laws.*

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	2
4 Ringkasan metode uji	2
5 Arti dan kegunaan.....	3
6 Peralatan.....	3
7 Bahan.....	5
8 Kondisi pengujian.....	5
9 Persiapan peralatan	6
10 Prosedur	6
11 Presisi dan bias.....	8
12 Kata kunci	9
Lampiran (informatif) X1. Rangkuman kerjasama pengujian.....	11

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8254:2016, *Metode uji untuk karakteristik pencegahan keausan dari minyak lumas (Four-Ball Method)* merupakan SNI baru. SNI ini merupakan adopsi identik dari ASTM D4172-94(2010), *Standard Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Fluid (Four-Ball Method)*, dengan metode terjemahan.

Tujuan penyusunan SNI metode uji ini adalah untuk memudahkan pengguna dalam memahami metode uji ini sehingga dapat menerapkannya dengan baik dan benar.

Untuk tujuan ini telah dilakukan perubahan editorial yaitu tanda titik telah diganti dengan tanda koma dan sebaliknya untuk penulisan bilangan.

SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam:

- a) Pedoman Standardisasi Nasional PSN 03.1:2007, Adopsi Standar Internasional dan Publikasi Internasional lainnya, Bagian 1: Adopsi Standar Internasional menjadi SNI (ISO/IEC Guide 21-1:2005, *Regional or national adoption of International Standards and other International Deliverables – Part 1: Adoption of International Standards, MOD*),
- b) Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007, Penulisan SNI,
- c) Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 10:2012, Adopsi Standar American Society for Testing and Material menjadi Standar Nasional Indonesia.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 75-02 Produk Minyak Bumi, Gas Bumi dan Pelumas dan telah dibahas dalam rapat konsensus lingkup Komite Teknis di Jakarta pada tanggal 22-23 November 2012 yang dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, tenaga ahli, asosiasi dan peneliti serta instansi teknis terkait lainnya.

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ASTM D4172-94(2010) dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.



Metode uji untuk karakteristik pencegahan keausan dari minyak lumas (Four-Ball Method)¹

Standard test method for wear preventive characteristics of lubricating fluid (Four-Ball Method)¹

1 Ruang lingkup

1.1 Metode uji ini mencakup prosedur untuk melakukan evaluasi pendahuluan sifat anti aus minyak lumas pada permukaan luncur (*sliding contact*) dalam mesin uji Fourball Wear. Evaluasi dari gemuk lumas menggunakan mesin yang sama diuraikan pada Metode uji D2266.

1.2 Nilai yang dinyatakan dalam satuan SI dianggap sebagai standar. Nilai yang diberikan di dalam tanda kurung hanya sebagai informasi.

1.3 *Standar ini tidak mencakup semua hal mengenai keselamatan, jika ada, yang berhubungan dengan penggunaannya. Adalah tanggung jawab pengguna dari standar ini untuk mengadakan latihan keselamatan dan kesehatan kerja yang tepat dan menentukan penerapan batas-batas peraturan sebelum menggunakan standar ini.*

2 Acuan normatif

2.1 ASTM Standards ²

D2266, *Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Grease (Four-Ball Method)*

¹ Metode pengujian ini berada di bawah yurisdiksi ASTM Komite D02 pada Produk Minyak dan Pelumas dan merupakan tanggung jawab langsung dari Sub-komite D02.L0.11 tentang sifat-sifat tribologi Minyak lumas Industri dan melumasi. Edisi saat ini disetujui 1 Mei 2010. Diterbitkan Mei 2010. Awalnya disetujui pada tahun 1982. Edisi terakhir sebelumnya disetujui pada tahun 2004 sebagai D4172 - 94 (2004)^{E1}. DOI: 10.1520/D4172-94R10.

² Untuk standar ASTM direferensikan, kunjungi situs web ASTM, www.astm.org, atau hubungi Customer Service di service@astm.org. Untuk Buku Tahunan informasi volume Standar ASTM, lihat halaman Ringkasan Dokumen standar di website ASTM.

1 Scope

1.1 This test method covers a procedure for making a preliminary evaluation of the anti-wear properties of fluid lubricants in sliding contact by means of the Four-Ball Wear Test Machine. Evaluation of lubricating grease using the same machine is detailed in Test Method D2266.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2 Referenced documents

2.1 ASTM Standards ²

D2266, *Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Grease (Four-Ball Method)*

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.L0.11 on Tribological Properties of Industrial Fluids and Lubricates. Current edition approved May 1, 2010. Published May 2010. Originally approved in 1982. Last previous edition approved in 2004 as D4172 - 94 (2004)^{E1}. DOI: 10.1520/D4172-94R10.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

2.2 ANSI Standard³

B3.12, *Specification for Metal Balls*

3 Istilah dan definisi

3.1 Definisi:

3.1.1

minyak lumas

setiap bahan yang berada diantara dua permukaan, yang akan mengurangi gesekan atau keausan kedua permukaannya.

3.1.2

keausan

kerusakan pada permukaan padat, umumnya diikuti dengan kehilangan material yang disebabkan gerakan relatif antar dua permukaan pada daerah kontak atau permukaannya.

4 Ringkasan metode uji

4.1 Tiga buah bola baja berdiameter 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ inci) dijepit menjadi satu dan diberi minyak lumas yang akan diuji. Sebuah bola baja yang keempat berdiameter 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ inci) dipasang di atasnya, menekan ketiga bola di bawahnya dengan gaya tekan sebesar 147 atau 392 N (15 atau 40 kgf). Temperatur dari minyak lumas yang akan diuji dikondisikan pada 75 °C (167 °F), dan kemudian bola atas diputar dengan kecepatan 1 200 rpm selama 60 menit. Kualitas minyak lumas dapat dibandingkan dengan mengukur diameter scar rata-rata yang dihasilkan pada ketiga bola baja tersebut.

CATATAN 1 Karena terdapat perbedaan konstruksi pada beberapa mesin uji fourball, maka untuk pemasangan dan pengoperasian mesin yang sesuai sebaiknya mengikuti instruksi dari pabrikan.

³ Tersedia dari *American National Standards Institute* (ANSI), 25 W. 43 St 3, 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

2.2 ANSI Standard³

B3.12, *Specification for Metal Balls*

3 Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1

lubricant

any material interposed between two surfaces that reduces the friction or wear between them.

3.1.2

wear

damage to a solid surface, generally involving progressive loss of material due to relative motion between that surface and a contacting substance or surface.

4 Summary of test method

4.1 Three 12,7-mm [$\frac{1}{2}$ -in.] diameter steel balls are clamped together and covered with the lubricant to be evaluated. A fourth 12,7-mm diameter steel ball, referred to as the top ball, is pressed with a force of 147 or 392 N [15 or 40 kgf] into the cavity formed by the three clamped balls for three-point contact. The temperature of the test lubricant is regulated at 75 °C [167 °F] and then the top ball is rotated at 1 200 rpm for 60 min. Lubricants are compared by using the average size of the scar diameters worn on the three lower clamped balls.

NOTE 1 Because of differences in the construction of the various machines on which the four-ball test can be made, the manufacturer's instructions should be consulted for proper machine set up and operation.

³ Available from *American National Standards Institute* (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

CATATAN 2 Meskipun pengujian dapat berjalan di bawah parameter lain, catatan ketelitian pada Pasal 10 mungkin bervariasi. Tidak ada fluida *aqueous* yang dimasukkan ke dalam uji round-robin untuk menentukan batas ketelitian.

NOTE 2 Although the test can be run under other parameters, the precision noted in Section 10 may vary. No aqueous fluid was included in the round-robin to establish the precision limits.

5 Arti dan kegunaan

5.1 Metode uji ini dapat digunakan untuk menentukan sifat minyak lumas untuk pencegahan keausan relatif di permukaan luncur (*sliding contact*) pada kondisi uji tertentu. Belum pernah dilakukan korelasi antara metode uji ini dengan bola yang menggelinding di permukaan (*rolling contact*). Pengguna metode uji ini harus menentukan sendiri apakah hasil dari prosedur uji ini ada korelasinya dengan unjuk kerja di lapangan, atau pengujian pada bangku uji lainnya.

5 Significance and use

5.1 This test method can be used to determine the relative wear preventive properties of lubricating fluids in sliding contact under the prescribed test conditions. No attempt has been made to correlate this test with balls in rolling contact. The user of this test method should determine to his own satisfaction whether results of this test procedure correlate with field performance or other bench test machines.

6 Peralatan

6.1 Alat uji Four Ball Wear⁴ (lihat Gambar 1 - 3)

CATATAN 3 Adalah penting untuk membedakan antara alat uji four ball EP dengan alat uji four ball Wear. Alat uji four ball EP dirancang untuk pengujian pada beban tinggi dan kondisi yang lebih berat; pengujian ini kurang peka untuk pengujian wear.

6 Apparatus

6.1 Four-Ball Wear Test Machine⁴—See Figs. 1-3.

NOTE 3 It is important to distinguish between the Four-Ball E.P. and the Four-Ball Wear Test Machines. The Four-Ball E.P. Test Machine is designed for testing under heavier loads and lacks the sensitivity necessary for wear tests.

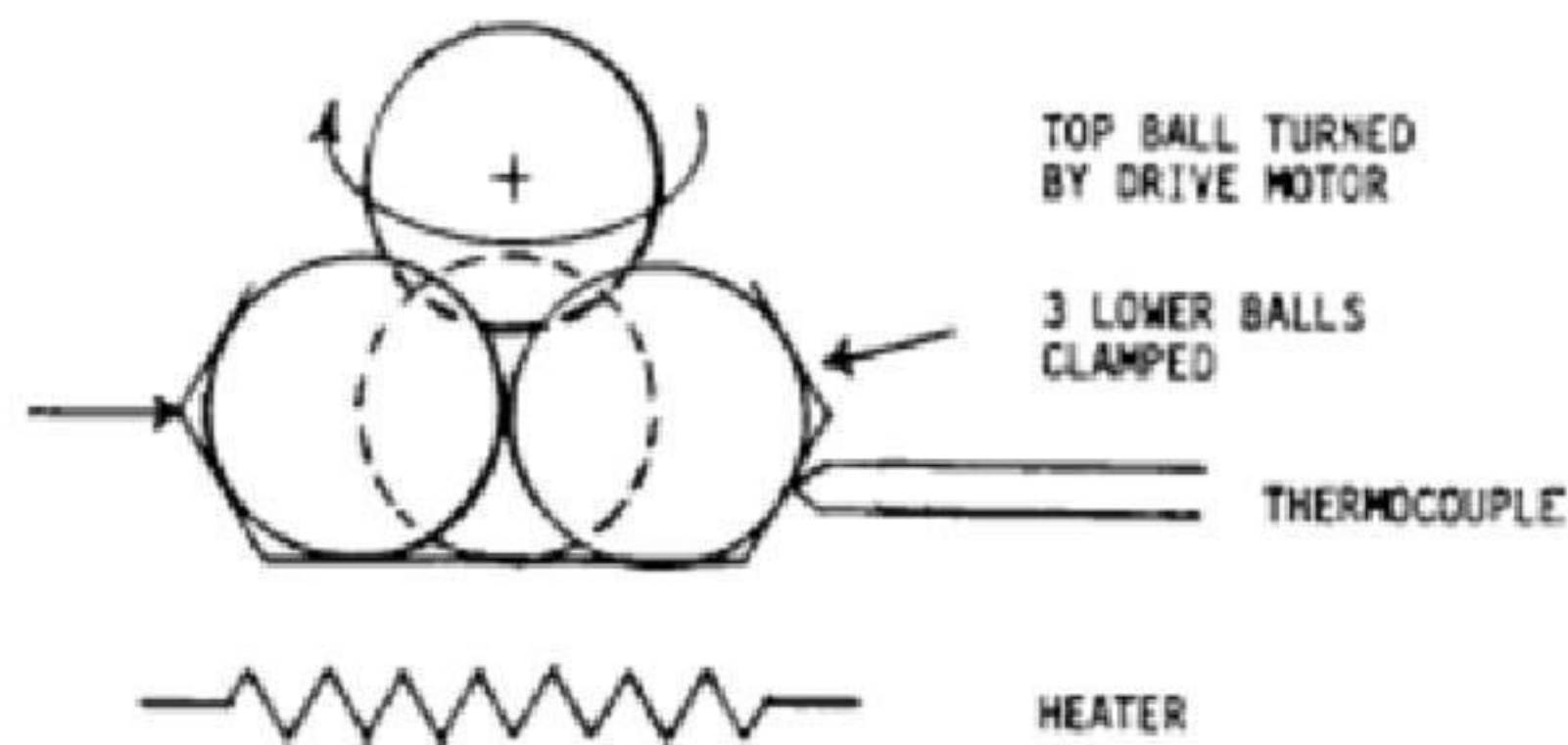
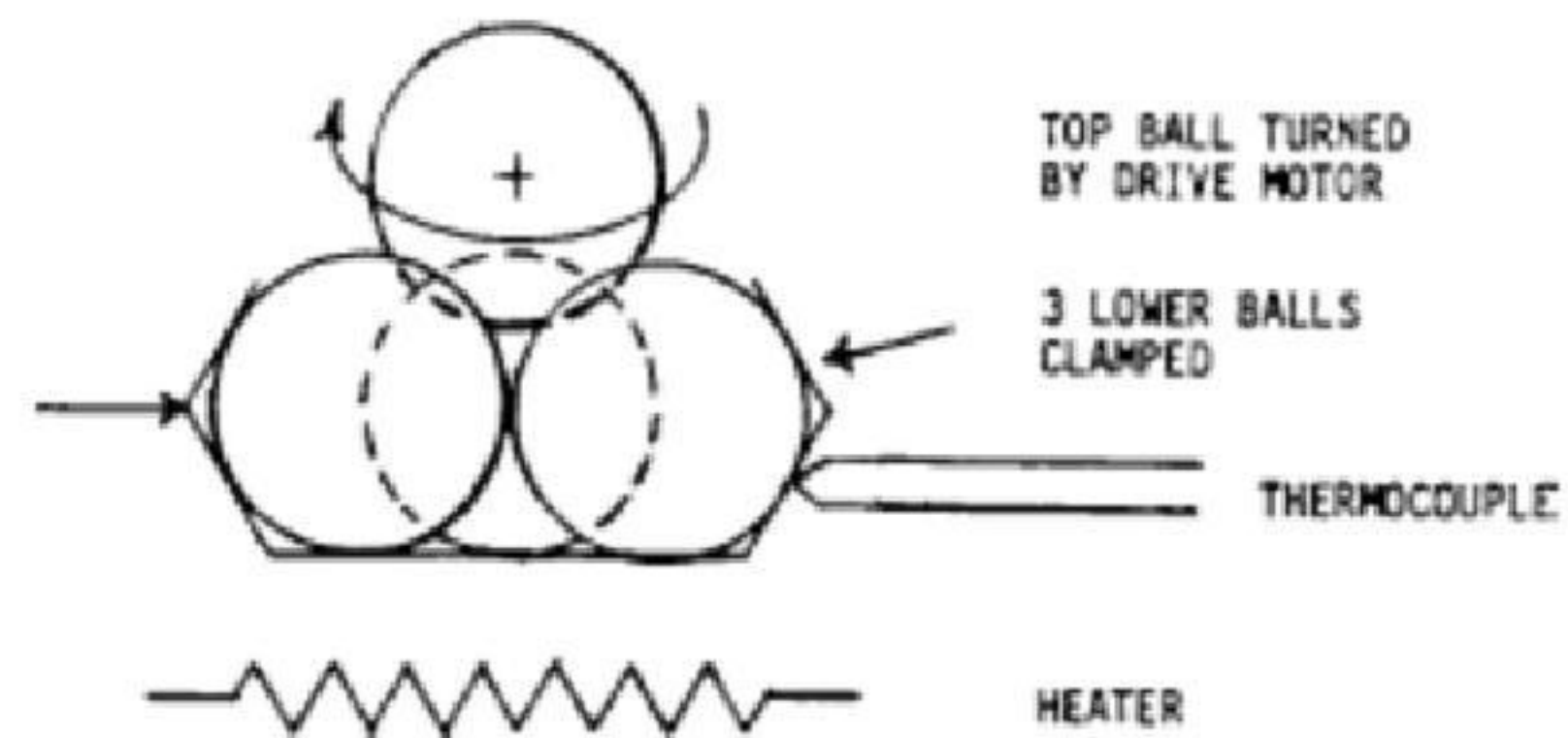
Gambar 1 - Skema alat uji *Four-Ball Wear*

FIG. 1 - Schematic of a Four-Ball wear test machine

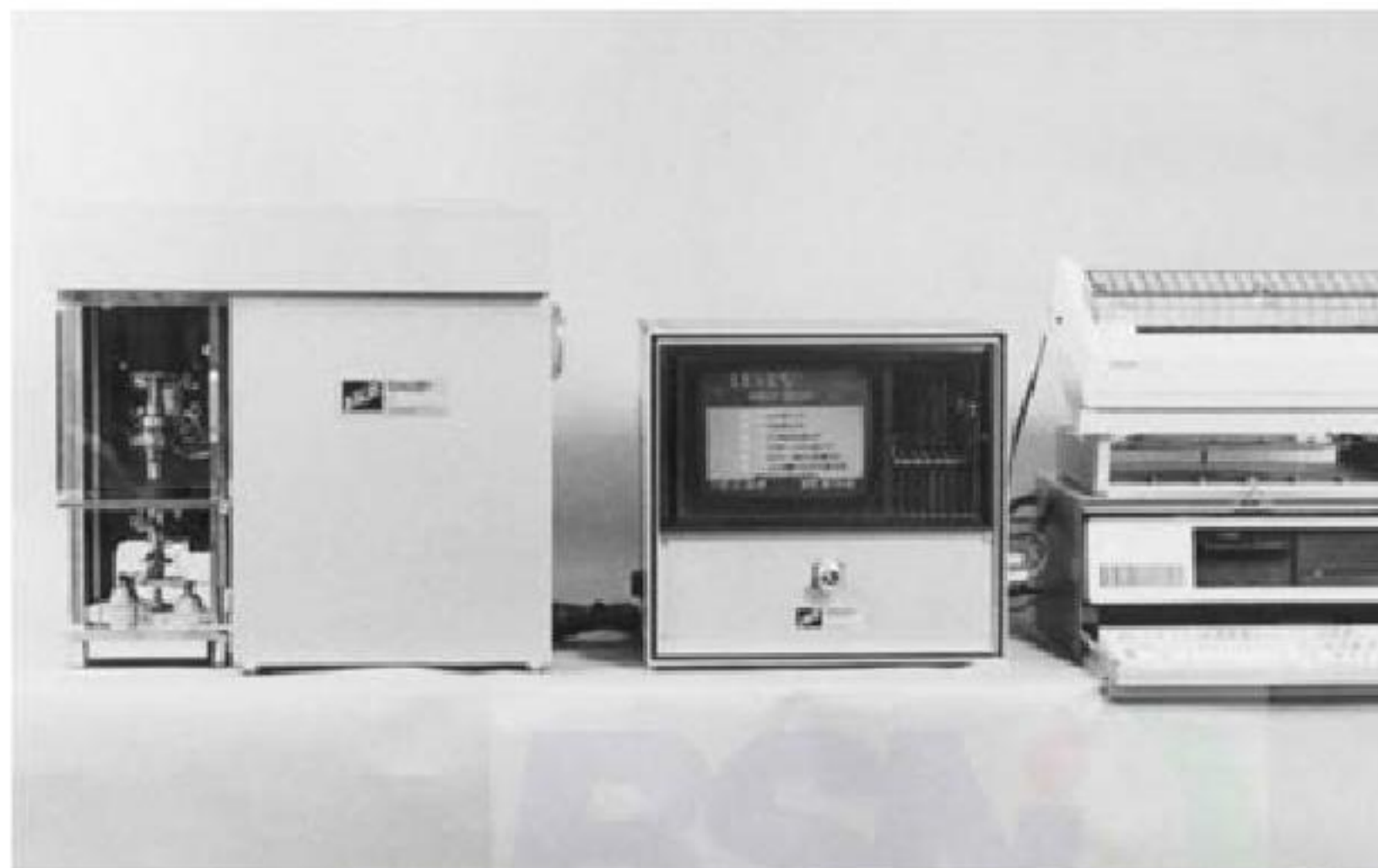
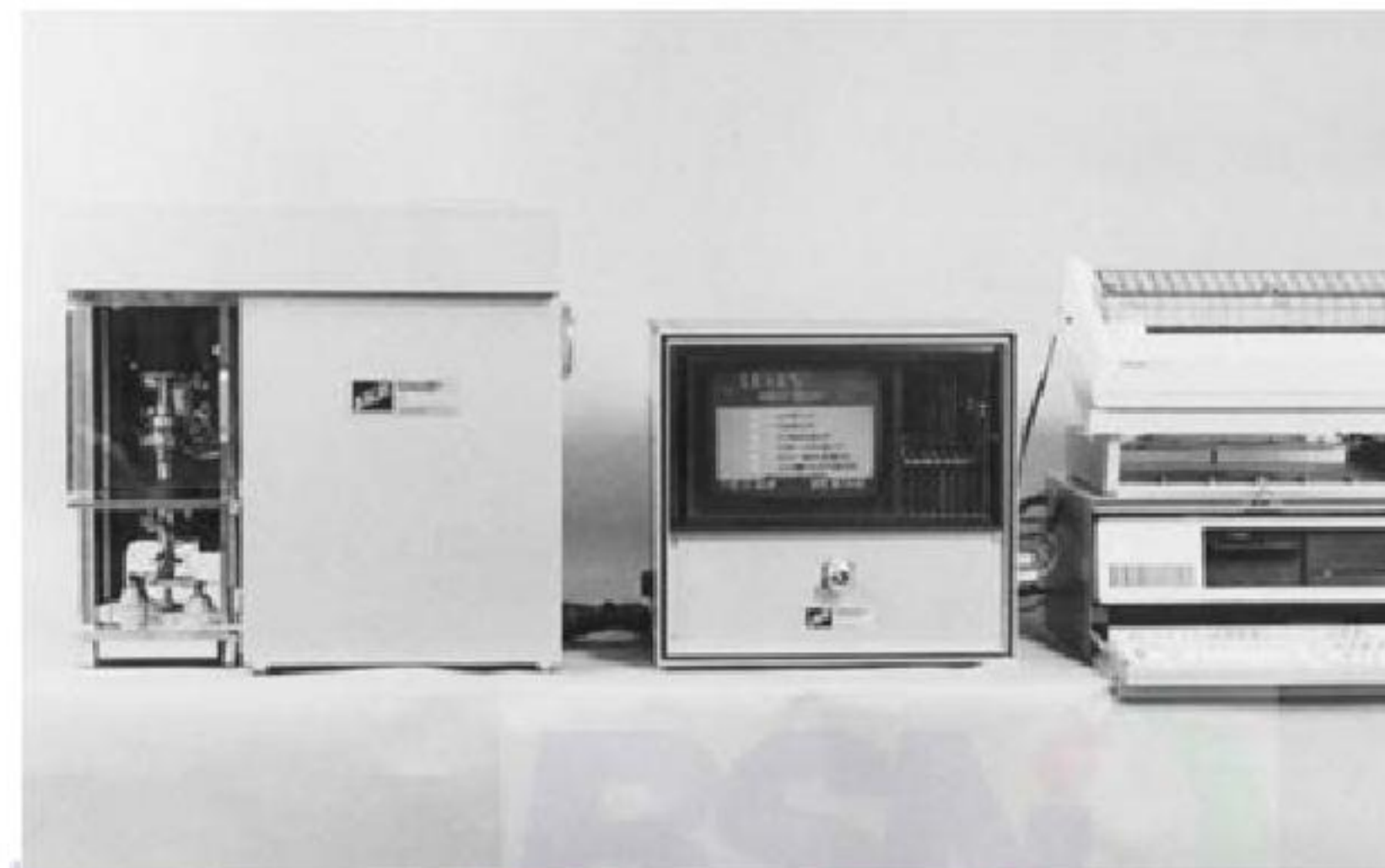
Gambar 2 - Falex model #6, alat uji friksi dan wear *multi-spesimen*

FIG. 2 - Falex model #6, multi-specimen friction and wear test machine

6.2 Mikroskop⁴ dengan ketelitian 0,01 mm dan mampu mengukur diameter *wear scar* yang dihasilkan pada ketiga bola stasioner. Lebih efisien untuk mengukur *wear scar* tanpa melepas ketiga bola stasioner dari pemegangnya.

6.2 *Microscope*⁴ capable of measuring the diameters of the scars produced on the three stationary balls to an accuracy of 0,01 mm. It is more efficient to measure the scars without removing the three balls from the holder.

⁴ Mesin uji *Four-Ball Wear* dan Model Falex # 6, *Multi-Specimen Friction and Wear Test Machine*, keduanya dibuat oleh Falex Corp, 1020 Airpark Drive, Sugar Grove, IL 60554, terlihat memuaskan untuk pengujian ini. Perusahaan ini juga menyediakan mikroskop dengan landasan yang dibuat khusus untuk mengukur *wear scar* tanpa perlu mengeluarkan bola dari cangkir uji-minyak. Mesin Uji Four-BallWear dengan model yang dibuat oleh Presisi Scientific Co. dan Roxana MachineWorks saat ini sudah tidak diproduksi lagi tetapi mesin tersebut memberikan hasil pengujian yang memuaskan.

⁴ The Four-Ball Wear Test Machine and the Falex Model #6, Multi-Specimen Friction and Wear Test Machine, both made by Falex Corp., 1020 Airpark Drive, Sugar Grove, IL 60554, have been found satisfactory for this purpose. This company can also furnish a microscope with a special base to measure the wear scars without removing the balls from the test-oil cup. Discontinued models of the Four-BallWear Test Machine made by Precision Scientific Co. and Roxana MachineWorks are also satisfactory.

7 Bahan

7.1 Bola uji⁵, chrome alloy steel, standar baja AISI No. E-52100, diameter 12,7 mm (0,5 inci), grade 25 EP (Extra polish). Bola uji sesuai spesifikasi ANSI B3.12, untuk bola logam. Pengerjaan penghalusan ekstra tidak diuraikan dalam spesifikasi ini. Kekerasan Rockwell C harus 64 s/d 66, batasan yang lebih dekat dibandingkan dengan persyaratan ANSI.

7.2 Cairan pembersih untuk mempersiapkan bola uji dan peralatan uji harus tidak beracun, mampu untuk membersihkan lapisan anti karat pada bola uji, membersihkan minyak uji yang terbawa dari satu pengujian ke pengujian berikutnya, dan tidak berfungsi sebagai penyebab *wear* dan *anti-wear* pada pengujian pelumas. Apabila cairan mudah menyala, harus menyediakan tindakan pencegahan yang tepat (lihat **CATATAN 1**). Pada round-robin test untuk menentukan *repeatability* dan *reproducibility*, tidak ada petunjuk khusus untuk pembersihan bola dan bagian mesin. Operator melaporkan penggunaan berbagai pelarut dengan dan tanpa penangas pembersih sonic. Teknik pembersihan yang pernah dilaporkan oleh beberapa operator yang bekerja-sama terdapat dalam Research Report RR:D02-1152, lihat Catatan 4.

8 Kondisi pengujian

8.1 Kondisi pengujian yang digunakan dalam meningkatkan ketelitian data, seperti ditetapkan pada Pasal 10, adalah sebagai berikut :

⁵ Bola baja memenuhi deskripsi ini digunakan dalam mengembangkan ketepatan tes. Disediakan oleh produsen mesin uji dan beberapa produsen bola. Penguji memilih memeriksa bola-bola baru di dalam kotak dengan cara pengujian menggunakan minyak lumas yang hasilnya sudah diketahui.

7 Materials

7.1, chrome alloy steel, made from AISI Test balls⁵ standard steel No. E-52100, with diameter of 12,7 mm [0,5 in.] Grade 25 EP (Extra Polish). Such balls are described in ANSI B3.12. The extra-polish finish is not described in that specification. The Rockwell C hardness shall be 64 to 66, a closer limit than is found in the ANSI requirement.

7.2 Cleaning fluids for preparing balls and apparatus for the test should be those approved as nontoxic, capable of removing antirust coatings from the balls, eliminating test-oil carryover from one test to the next, and not contribute to wear or antiwear of the test lubricant. When the fluid(s) is flammable, appropriate precautions should be taken (see **NOTE 1**). In the round-robin tests to determine repeatability and reproducibility no specific directions were given for cleaning balls and machine parts. Operators reported using various solvents with and without a sonic cleaning bath. Cleaning techniques reported by some cooperators are included in Research Report RR: D02-1152, see Note 4.

8 Test conditions

8.1 The test conditions used to develop the precision data as stated in Section 10 were:

⁵ Steel balls meeting this description were used in developing the precision of the test. They are available from the manufacturer of the test machine and some ball manufacturers. Some operators prefer to check a new box of balls by running an oil with a known result.

	A	B		A	B
Temperature	$75 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($167 \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	$75 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($167 \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	Temperature	$75 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($167 \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	$75 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($167 \pm 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
Speed	$1200 \pm 60 \text{ rpm}$	$1200 \pm 60 \text{ rpm}$	Speed	$1200 \pm 60 \text{ rpm}$	$1200 \pm 60 \text{ rpm}$
Duration	$60 \pm 1 \text{ min}$	$60 \pm 1 \text{ min}$	Duration	$60 \pm 1 \text{ min}$	$60 \pm 1 \text{ min}$
Load	$147 \pm 2 \text{ N}$ ($15 \pm 0,2 \text{ kgf}$)	$392 \pm 2 \text{ N}$ ($40 \pm 0,2 \text{ kgf}$)	Load	$147 \pm 2 \text{ N}$ ($15 \pm 0,2 \text{ kgf}$)	$392 \pm 2 \text{ N}$ ($40 \pm 0,2 \text{ kgf}$)

9 Persiapan peralatan

9.1 Atur penggerak mesin untuk mendapatkan kecepatan *spindle* sebesar $(1\ 200 \pm 60) \text{ rpm}$

9.2 Atur regulator temperatur untuk menghasilkan temperatur minyak lumas uji sebesar $(75 \pm 2) \text{ }^{\circ}\text{C}$ [$(167 \pm 4) \text{ }^{\circ}\text{F}$]

9.3 Apabila menggunakan pencatat waktu otomatis untuk menghentikan pengujian, akurasinya harus dipastikan sebesar ± 1 menit untuk setiap waktu 60 menit yang dilampaui.

9.4 Mekanisme pembebanan harus diseimbangkan pada pembacaan NOL dalam keadaan semua bagian peralatan terpasang dan minyak lumas uji berada dalam dalam cawan. Untuk memastikan presisi yang tepat, penambahan atau pengurangan sebesar $19,6 \text{ N}$ [$0,2 \text{ kgf}$], menyebabkan ketidakseimbangan terdeteksi. Penentuan akurasi pada pembebanan sebesar 147 dan 392 N [15 dan 40 kgf] sulit dilakukan, dan umumnya terbatas pada pengukuran yang teliti terhadap rasio lever-arm dan beban atau diameter piston dan kalibrasi pressure gage.

10 Prosedur

10.1 Bersihkan keempat bola uji, bagian pemegang bola bagian atas dan bawah, dan cawan tempat minyak lumas uji, dengan pelarut atau pelarut-pelarut, perhatikan tindakan pencegahan seperti yang ditunjukkan pada Subpasal 6.2. Pembersihan akhir alat-alat tersebut dapat menggunakan kain pembersih bebas bulu yang baru (belum digunakan) standar industri. Setelah dibersihkan, semua peralatan hanya dipegang menggunakan lap bersih. Tidak boleh ada sedikitpun pelarut yang tersisa ketika minyak lumas uji dituangkan dan mesin dipasang.

9 Preparation of apparatus

9.1 Set up the drive of the machine to obtain a spindle speed of $(1\ 200 \pm 60) \text{ rpm}$.

9.2 Set temperature regulator to produce a test-oil temperature of $(75 \pm 2) \text{ }^{\circ}\text{C}$ [$(167 \pm 4) \text{ }^{\circ}\text{F}$].

9.3 When an automatic timer is used to terminate a test, it should be checked for the required $\pm 1 \text{ min}$ accuracy at 60 min elapsed time.

9.4 The loading mechanism must be balanced to a zero reading with all parts and test oil in place. To demonstrate proper precision an addition or subtraction of 19.6 N [$0,2 \text{ kgf}$] should be detectable in imbalance. Determination of accuracy of loading at 147 and 392 N [15 and 40 kgf] is difficult and generally limited to careful measurement of lever-arm ratios and weights or piston diameter and pressure gage calibration.

10 Procedure

10.1 Thoroughly clean four test balls, clamping parts for upper and lower balls and the oil cup using solvent or solvents with precautions indicated in 6.2. The parts can be final wiped using a fresh (unused) lint free industrial wipe. After cleaning, all parts are only to be handled using a fresh wipe. No trace of solvent should remain when the test oil is introduced and the machine assembled.

10.2 Kencangkan salah satu dari bola uji yang sudah dibersihkan ke dalam *spindle* dari mesin uji.

10.3 Masukkan ketiga bola uji yang bersih ke dalam cawan minyak lumas uji dan kencangkan dengan menggunakan kunci yang tersedia, sekuat 33,8 sampai 67,7 N·m [25 to 50 ft·lb].

10.4 Tuangkan minyak lumas yang akan dievaluasi ke dalam cawan minyak lumas uji sampai permukaannya sekurang-kurangnya 3 mm [1/8 inci] di atas bola uji. Amati permukaan minyak lumas uji masih berada pada tingkat yang seharusnya setelah minyak lumas uji dituangkan untuk mengisi bagian yang kosong pada cawan minyak lumas uji. Pada uji round-robin, untuk menentukan metode uji ini, pengaruh permukaan minyak lumas terhadap *wear* tidak ditentukan.

10.5 Letakkan cawan minyak lumas uji/ketiga bola uji ke dalam mesin, dan hindari pembebanan kejut dengan cara meletakkan beban (147 atau 392 N) [15 atau 40 kgf] secara perlahan.

10.6 Hidupkan alat pemanas dan atur pengontrol untuk mencapai temperatur uji $(75 \pm 2) ^\circ\text{C}$ [$(167 \pm 4) ^\circ\text{F}$]. Tegangan alat pemanas atau penyimpangan (*offset*) pada *proportional controller* harus mampu menstabilkan temperatur dalam batas-batas yang ditentukan.

10.7 Pada saat temperatur uji telah tercapai, jalankan motor penggerak yang sebelumnya telah diset untuk memutar bola bagian atas pada kecepatan $(1\,200 \pm 60)$ rpm. Mesin dengan start otomatis yang menggunakan *proportional controller* akan mulai beroperasi di bawah temperatur yang sudah ditetapkan. *Proportional band* harus diatur cukup sempit untuk membatasi "bawah temperatur" pada saat start mendekati $2 ^\circ\text{C}$ [$4 ^\circ\text{F}$].

10.8 Setelah motor penggerak berputar selama (60 ± 1) menit, matikan alat pemanas dan motor penggerak, buka cawan minyak lumas uji dan rangkaian ketiga bola uji.

10.2 Tighten one of the clean balls into the spindle of the test machine.

10.3 Assemble three of the clean test balls in the test-oil cup and hand tighten using the wrench supplied by the equipment manufacture which has been found to be approximately 33,8 to 67,7 N.m [25 to 50 ft.lb].

10.4 Pour the oil to be evaluated into the test-oil cup to a level at least 3 mm [1/8 in.] above the top of the balls. Observe that this oil level still exists after the test-oil fills all of the voids in the test-oil cup assembly. In the round-robin to establish this test method the effect of oil level on wear was not determined.

10.5 Install the test-oil cup/three balls in the machine and avoid shock loading by slowly applying the test load (147 or 392 N) [15 or 40 kgf].

10.6 Turn on the heaters and set controls to obtain $(75 \pm 2) ^\circ\text{C}$ [$(167 \pm 4) ^\circ\text{F}$]. Heater voltage or offset on proportional controllers should be capable of bringing stabilized temperature within the prescribed limits.

10.7 When the test temperature is reached, start the drive motor which was previously set to drive the top ball at $(1\,200 \pm 60)$ rpm. Machines with automatic start using a proportional controller will start below the set temperature. The proportional band should be set narrow enough to limit the "under temperature" at start to near $2 ^\circ\text{C}$ [$4 ^\circ\text{F}$].

10.8 After the drive motor has been on for (60 ± 1) min, turn off the heaters and drive motor and remove the test-oil cup and three-ball assembly.

10.9 Ukur *wear scar* pada ketiga bola uji yang di bawah hingga ketelitian $\pm 0,01$ mm dengan salah satu metode sebagai berikut:

10.9.1 **OPSI A** — Keluarkan minyak lumas uji dari susunan tiga bola dan bersihkan area *scar* dengan tissue. Biarkan ketiga bola tetap terjepit dan tempatkan rangkaian pada sebuah landasan mikroskop yang khusus dirancang untuk keperluan tersebut⁴. Lakukan dua pengukuran pada setiap *wear scar*. Lakukan satu pengukuran *scar* sepanjang garis radial dari bagian tengah pemegang bola uji. Lakukan pengukuran yang kedua sepanjang garis tegak lurus (90°) dari garis pengukuran yang pertama. Laporkan hasil rata-rata aritmatika *scar diameter* dari enam pengukuran dalam milimeter.

10.9.2 **OPSI B** — Lepaskan ketiga bola dari posisi terjepitnya. Bersihkan area *scar*. Lakukan dua kali pengukuran *scar* pada setiap bola uji. Lakukan dua kali pengukuran saling tegak lurus (90°) satu sama lain. Jika *scar* berbentuk elip, lakukan satu pengukuran searah alur tipis dan pengukuran lainnya tegak lurus pada alur tipis tersebut. Pastikan bahwa sudut pandang tegak lurus terhadap permukaan yang sedang diukur. Seperti pada Opsi A, rata-ratakan keenam pembacaan dan laporkan sebagai *scar diameter* dalam milimeter.

10.9.3 Jika rata-rata dari dua pengukuran terhadap satu bola berbeda dari rata-rata keenam pembacaan lebih besar dari 0,04 mm, periksa kelurusan ketiga bola bawah dengan bola atas.

11 Presisi dan bias⁶

CATATAN 4 Ketelitian data⁶ dihasilkan dari ketigabelas laboratorium pengujian yang bekerja sama atas 5 jenis minyak lumas uji dalam kondisi yang tertulis pada Pasal 7. Deskripsi dari minyak lumas dan rata-rata *wear scar* yang diperoleh pada setiap dua kondisi pengujian pada setiap minyak uji ditunjukkan pada Lampiran.

⁶ Data pendukung telah diarsipkan di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan meminta Laporan Penelitian RR: D02-1152.

10.9 Measure the wear scars on the three lower balls to an accuracy of $\pm 0,01$ mm by one of the following methods:

10.9.1 Option A—Drain the test oil from three-ball assembly and wipe the scar area with a tissue. Leave the three balls clamped and set the assembly on a special base of a microscope that has been designed for the purpose⁴. Make two measurements on each of the wear scars. Take one measurement of the scar along a radial line from the center of the holder. Take the second measurement along a line 90° from the first measurement. Report the arithmetic average of the six measurements as scar diameter in millimetres.

10.9.2 Option B—Remove the three lower balls from their clamped position. Wipe the scar area. Make two measurements of each of the three scars. Make two measurements at 90° to each other. If a scar is elliptical take one measurement with the striations and the other across the striations. Take care to ensure that the line of sight is perpendicular to the surface being measured. As in Option A, average the six readings and report as scar diameter in millimetres.

10.9.3 If the average of the two measurements on one ball varies from the average of all six readings by more than 0,04 mm, investigate the alignment of the three lower balls with the top ball.

11 Precision and bias⁶

NOTE 4 The precision data⁶ were derived from cooperative testing by 13 laboratories on 5 oils under the conditions listed in Section 7. A description of the oils and the average of wear scars obtained at each of the two testing conditions on each of the oils are shown in the Appendix.

⁶ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D02-1152.

11.1 Ketelitian dari metode uji ini yang ditentukan dengan perhitungan statistik dari hasil uji antar laboratorium adalah sebagai berikut.

11.1.1 *Repeatability* — Perbedaan antara hasil uji yang berturutan, yang didapat oleh operator yang sama dengan peralatan yang sama pada kondisi operasi yang konstan dengan bahan uji identik, untuk jangka panjang, pada penggunaan metode uji normal dan benar, akan melebihi nilai seperti di bawah ini hanya pada satu kasus diantara duapuluh:

Repeatability = 0,12 mm perbedaan diameter scar

11.1.2 *Reproducibility* — Perbedaan antara dua hasil tunggal dan berdiri sendiri, yang dihasilkan oleh operator berbeda yang bekerja pada laboratorium berbeda dengan bahan uji identik, pada jangka panjang, akan melebihi nilai seperti di bawah ini hanya pada satu kasus di antara dua puluh:

Reproducibility = 0,28 mm perbedaan diameter scar

11.2 Bias — Prosedur dalam metode uji ini tidak ada bias karena nilai lebar *ball scar* hanya ditentukan oleh metode uji.

11.1 The precision of this test method as determined by the statistical examination of interlaboratory test results is as follows.

11.1.1 Repeatability—The difference between successive results obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following value only in one case in twenty:

Repeatability = 0,12 mm scar diameter difference

11.1.2 Reproducibility—The difference between two single and independent results obtained by different operators working in different laboratories on identical test material would, in the long run, exceed the following value only in one case in twenty:

Reproducibility = 0,28 mm scar diameter difference

11.2 Bias—The procedure in this test method has no bias because the value of ball scar width can only be defined in terms of a test method.

12 Kata kunci

12.1 Minyak lumas, keausan

12 Keywords

12.1 lubricant; wear



Gambar 3 - Falex variable-speed four-ball test machine



FIG. 3 - Falex variable-speed four-ball test machine



Lampiran
(informatif)
X1. Rangkuman kerjasama pengujian

Appendix
(Nonmandatory Information)
X1. Summary of cooperative testing

Tabel X1.1 - Rangkuman kerjasama pengujian

Sampel		Scar Diameter,mm	
Nomor	Deskripsi	147 N	392 N
LXI2-1	Mineral Oil, 46 cSt at 40 °C	0,56	0,73
LXI2-2	LXI2-1 plus 1 % wt ZDT ^A	0,27	0,42
LXI2-3	LXI2-1 plus 2 % wt S/P ^B	0,28	0,35
LXI2-4	Synthetic hydrocarbon	0,53	0,76
LXI2-5	Tricresyl phosphate	0,54	0,59

^A ZDT = zinc O, O-dialkylphosphorodithioate.

^B S/P = additif mengandung sulfur and fosfor.

Table X1.1 - Summary of cooperative testing

Sample		Scar Diameter,mm	
Number	Description	147 N	392 N
LXI2-1	Mineral Oil, 46 cSt at 40 °C	0,56	0,73
LXI2-2	LXI2-1 plus 1 % wt ZDT ^A	0,27	0,42
LXI2-3	LXI2-1 plus 2 % wt S/P ^B	0,28	0,35
LXI2-4	Synthetic hydrocarbon	0,53	0,76
LXI2-5	Tricresyl phosphate	0,54	0,59

^A ZDT = zinc O, O-dialkylphosphorodithioate.

^B S/P = additive containing sulfur and phosphorus.

